



THE NORWEGIAN DEFENCE UNIVERSITY COLLEGE

# Fysiske arbeidskrav for militært personell



**Moving Soldiers** - Soldaten i bevegelse • 02/2011

Anders Aandstad



**Redaktør Moving Soldiers - Soldaten i bevegelse:**

Anders McDonald Sookermy

**Redaksjon Moving Soldiers - Soldaten i bevegelse:**

Lene Røe

Karianne D. Nyhus

E-mail: fi-publikasjoner@nih.no

**Utgiver:**

Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt, Oslo 2011

**Foto:**

Forsvarets mediesenter

**Design & Trykk:**

Beta Grafisk as

ISSN 1891-8751

# Fysiske arbeidskrav for militært personell

Anders Aandstad

Intensjonen med NIH/Fs skriftserie *Moving Soldiers* – Soldaten i bevegelse er å være/skape en arena for interdisiplinær tenkning og debatt på områder som er relatert til instituttets interesse- og virksomhetsområder.

I denne utgaven gir vi plass til et velkjent og mye debattert tema – fysiske arbeidskrav for militært personell. I så måte vil denne utgaven være en oppfølging av det forrige nummeret som behandlet fysiske prøver i Norden. I den utgaven ble eksisterende testregimer i Danmark, Finland, Norge og Sverige gjennomgått. I så måte ble de fysiske arbeidskravene presentert som definerte måltall i ulike testøvelser. Denne gangen presenteres de arbeidsfysiologiske perspektivene som ligger til grunn for at måltallene settes som de gjør.

Forfatteren, Anders Aandstad, har vært tilknyttet NIH/F siden han skrev sin hovedfagsoppgave på utviklingen av soldaters fysiske form: "Endring i fysisk form hos unge norske menn i perioden 1980-2002 – En sammenligning av maksimalt oksygenopptak ved sesjon". Aandstad har i tiden etter hovedfaget jobbet på flere prosjekter ved NIH/F som forsker med fysisk test som saksområde. I de siste par årene har han i samarbeid med Rune Hageberg blant annet utviklet de nye fysiske testene ifm sesjon. Siden 2009 har han også vært tilknyttet instituttet i en 50% stilling som PhD-stipendiat hvor hovedtema har vært å kartlegge kondisjon, antropometri og fysisk aktivitetsvaner blant norske HV-soldater. Prosjektet innebærer også validering av benyttet metode for måling av kondisjon, fysisk aktivitet og kroppssammensetning. Som et ledd i PhD-utdanning gjennomføres en 14 dagers fageksamen. Det er en lettere bearbeidet versjon av Aandstads besvarelse på denne fagprøven som utgjør denne utgaven av *Moving Soldiers*.

Det hører med til sjeldenhetene at slike (eksamens)besvarer publiseres mer eller mindre uredigert. Når vi likevel velger å gjøre det denne gangen er det fordi vi vet at problemstillingen er et ofte debattert tema i Forsvaret og at det for tiden pågår et forprosjekt med tanke på å avklare behovet for en fullstendig gjennomgang av eksisterende testordning i Forsvaret. Av erfaring vet vi at testordningen er svært omdiskutert og at debatten ofte preges av en mer eller mindre kvalifisert "common sense" argumentasjon. I så måte anser vi det som formålstjenlig å kunne presentere en gjennomgang av de rådende fagligvitenskapelige perspektiver på feltet.

Aandstads besvarelse er i form og innhold skrevet slik at den skulle være tilgjengelig for et bredere publikum som interesserer seg for fysisk test og arbeidskrav. Han starter med historiske eksempler fra antikkens Hellas og romerske legionærer for å gjøre oss som lesere oppmerksomme på at dette med fysiske arbeidskrav ikke er noe nytt fenomen, ei heller at det har endret seg særlig mye frem til vår tid. Dernest presenteres fysiske krav for tradisjonelle militære aktiviteter som gang med oppakning, graving og løfting/bæring. I tillegg omhandler besvarelsen en gjennomgang av hvordan sentrale ytre faktorer (klima, søvn, ernæring etc) påvirker arbeidskravet. I sum understreker han på denne måten at fastsettelse av absolutte arbeidskrav er en komplisert og omfattende

affære. Det er likevel på sin plass å poengtere at på grunn av de opplagte begrensninger som ligger i tekstens form, som eksamensbesvarelse og tid til rådighet, så er det et begrenset antall relevante arbeidskrav som debatteres i teksten.

For den interesserte leser vil derfor de underliggende referanser som forfatteren bygger sin besvarelse på kunne være like interessant og inspirerende lesning som teksten i seg selv. For alt i alt rommer den ellers så korte teksten ikke mindre enn 130 referanser. Eksempelvis viser Aandstad til flere studier som beskriver fysiologiske arbeidskrav ved militær relevante aktiviteter som kryping/kråling, skyting, bevegelse i hinderbane, dykking, evakuering fra vann, flyging, klatring, brannvern, fallskjermhopping og håndgranat kasting.

Formålet med denne utgaven av *Moving Soldiers* har vært å formidle en lettfattelig oversikt over de rådende perspektiver knyttet til fysiske arbeidskrav for militært personell sett fra et arbeidsfysiologisk ståsted. I så måte håper vi i redaksjonen at denne utgaven kan gi både fagpersoner på idrett og andre interesserte et relativt greit innblikk i de forståelsesmekanismer som er rådende på feltet og hvordan disse er applisert til militært personell. Det er derfor å håpe at denne utgaven øker den generelle kunnskapen omkring temaet og bidrar til ytterligere inspirasjon i tiden som kommer til å diskutere hvilke arbeidskrav Forsvaret bør legge til grunn for et nytt testregime i det norske Forsvaret.

*Anders McD Sookermany*

## ■ Forfatterens Forord ■



Denne utgaven av *Moving Soldiers* omhandler fysiske arbeidskrav for militært personell. Teksten er hentet fra min besvarelse av 14 dagers fagoppgave ved PhD studiet ved Norges idrettshøgskole. Fagoppgaven var todelt og omhandlet også en forskningsmetodisk problemstilling, men denne delen av besvarelsen vil ikke presenteres her. For øvrig er også teksten lettere revidert sammenlignet med den opprinnelige fagoppgavebesvarelsen. Temaet arbeidskrav for militært personell er svært stort. Sett i lys av dette, samt tidsbegrensningen ved skriving av fagoppgaven, vil naturligvis ikke denne teksten gi en fullstendig beskrivelse av de fysiske arbeidskrav som eksisterer for militært personell. Jeg håper likevel at denne utgaven av *Moving Soldier* kan gi leseren en viss grad av oppsummering av arbeidet som er gjort innen feltet, og at referansene som er oppgitt kan brukes for nærmere studier av området.

**Anders Aandstad**, er doktorgradsstudent ved Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt (NIH/F), samt Seksjon for idrettsmedisin. Han skrev i 2003 sin hovedfagsoppgave ved NIH innen temaet endring i fysisk form hos unge menn på sesjon. Siden 2004 har Aandstad vært tilsatt ved NIH/F med arbeidsområde inn mot kartlegging av fysisk form og arbeidsfysiologisk testing i Forsvaret.

Til tross for at dagens soldater har tilgang på motoriserte kjøretøy og andre teknologiske hjelpemidler så utsettes de fleste soldater for fysisk krevende arbeidsoppgaver som kan kreve både langvarig submaksimal innsats, samt kortere maksimal innsats. Fysiske utfordringer kan vel så gjerne oppstå i sammenheng med øvelser, som i reell krise og krig. Prestasjonen i både graving, utmarsj og løfting og bæring kan begrenses av soldatens fysiske kapasitet. For alle denne type oppdrag er det forslått at intensiteten ikke bør overstige 30-50 % av  $VO_{2maks}$  over en normal arbeidsdag. Intensitet utover dette vil sannsynligvis virke utmattende på et flertall av soldater, og føre til at prestasjonsevnen synker ved påfølgende arbeidsdager. Det er foreslått at  $VO_{2maks}$  bør være minimum  $43-50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for soldater som skal gjennomføre denne type vanlige fysiske arbeidsoppgaver. For fysisk krevende øvelser (og reelle oppdrag) må mannlige soldater klare å utføre et fysisk arbeid som tilsvarer en energiomsetning på opp mot  $6-7000 \text{ kcal} \cdot \text{dag}^{-1}$ . Krav til for eksempel styrke og anaerob kapasitet er i mindre grad definert, blant annet fordi det finnes færre standardiserte løfte- og bæreeppdrag.

Ved analyse av arbeidskrav ved militært arbeid må man i tillegg ta hensyn til rammefaktorer som både kan redusere arbeidskravet, og som kan øke det (hvilket er vanligst). Mange ulike type rammefaktorer påvirker militære arbeidskrav, enten direkte via økte krav, eller indirekte via redusert arbeidskapasitet. Eksempler på rammefaktorer som påvirker soldater er høyde over havet, klima, søvn og ernæring.

## ■ Author's Summary ■



The topic of this edition of *Moving Soldiers* (MS) is military physical demands. The text is based on my 14-day written exam for a PhD study at the Norwegian School of Sport Sciences. The exam actually consisted of two topics, although the second topic, "Research Methods", will not be presented here. The text presented in this edition of MS has gone through a minor revision from the original examination text.

The topic, "Military Physical Demands", captures a broad range of aspects. In light of this, and due to the limited time available for the written exam, this text will not give a thorough or complete picture of all of the types of physical demands put on soldiers. Still, I hope this edition of MS will give the reader a short summary of relevant work within the field, and that the literature presented can be used when a more careful scrutiny of the topic is desired.



**Anders Aandstad**, is a PhD student at the Norwegian School of Sport Sciences Defence Institute (NSSS/DI), and Department of Sports Medicine. In 2003 he wrote his master thesis on changes in physical fitness in young Norwegian men at military medical screening. Aandstad has been working for NSSS/DI since 2004 within the field of physical fitness screening and occupational fitness evaluation in the Norwegian Armed Forces.

Despite modern soldiers' access to motorized transportation and other technological aids, most soldiers still face high physical demands that involve both long-time sub-maximal work and short-time maximal effort. Physically challenging tasks could be present in military training as well as in combat. Three major physical work-related tasks have been identified for military personnel: digging, loaded marching and manual material handling. For this type of work, it is recommended that the intensity should not exceed 30-50% of maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) during a regular day of work. In most cases, working at a higher intensity will lead to a high degree of fatigue, thereby causing a reduced work capacity for the following day. For soldiers who regularly complete such physical work, a  $VO_{2max}$  of 43-50 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> has been recommended. Furthermore, in physically demanding military training (and in real combat), male soldiers should be able to complete work that requires an energy expenditure of 6-7,000 kcal·day<sup>-1</sup>. Demands regarding muscular strength and anaerobic capacity are less defined, probably because lifting and carrying tasks are less standardized.

When analyzing military physical demands, external factors that may reduce or increase the demand should be taken into account. Several different external factors exert an influence on military physical demands, either directly through increased demands or indirectly through a reduced work capacity. External factors that might influence soldiers include altitude, climate, sleep and nutrition.

It must be pointed out that military physical demands show a large degree of variety based on service (branch), position, place of operation and type of conflict. Thus, it is very difficult (or impossible) to produce a complete picture in relation to the physical demands on military personnel.



# Fysiske arbeidskrav for militært personell

## ■ Innholdsfortegnelse ■

---

Redaktørens spalte .....	4
Forfatterens forord .....	6
Authors summary .....	8
Innholdsfortegnelse .....	11
Fysiske arbeidskrav for militært personell .....	13





# 1

## ■ Fysiske arbeidskrav for militært personell ■

### Innledning

Kort historikk	14
Arbeidskrav militært personell	
– et komplekst tema	17

### Arbeidskrav for militært personell

Graving	17
Forflytning til fots	18
Løfting og bæring	22

### Rammefaktorer og arbeidskrav

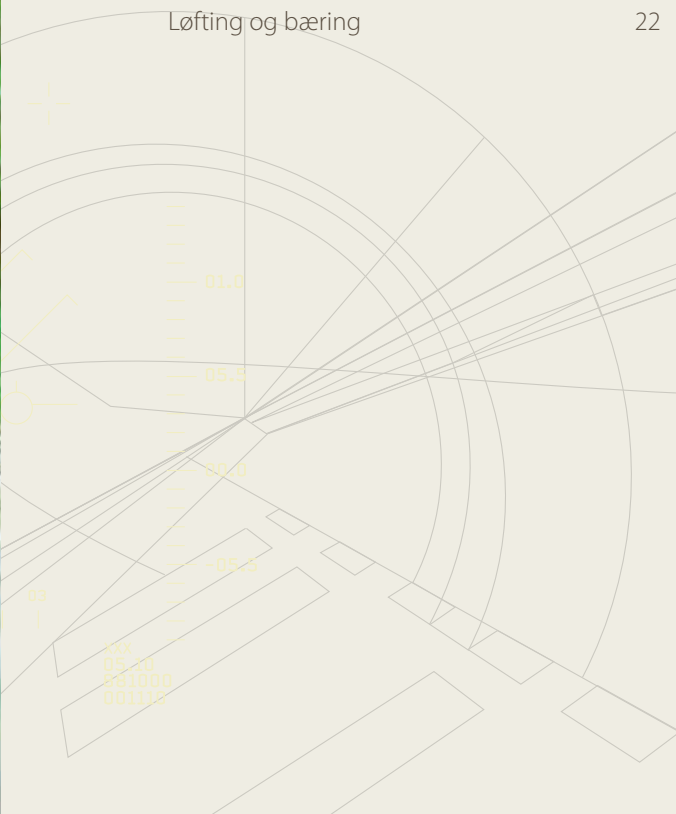
Varme og kulde	24
Høyde over havet	25
Ernæringsunderskudd og søvndeprivasjon	26

### Oppsummering

28

### Referanseliste

29



# Innledning

## Kort historikk

Militært arbeid har alltid forutsett en viss fysisk arbeidskapasitet for at oppdragene skal kunne løses tilfredsstillende. Lukian har beskrevet hvordan fysisk trening ble diskutert i antikkens Hellas, blant annet med tanke på å utvikle tilstrekkelig fysisk kapasitet på datidens soldater<sup>1</sup>:

*Og alt dette er, som eg fyrr sa, ei gagnleg fyrebuing til herferd òg; for der kan det verta turvande at ein vandelaust kann lyfta upp ein såra ven og bera han ut or striden, eller òg knipa ein fiende og koma dragsande med han høgt uppi vêret!"*  
(oversatt til nynorsk anno 1926 av E. Skard<sup>1</sup>)

Arbeidskravet som Lukian beskriver; det å kunne evakuere en såret soldatkamerat ut fra et område, er den dag i dag et svært relevant arbeidskrav for militært personell<sup>2-4</sup>.

Et annet mye studert arbeidskrav for soldater i dag er utmarsjer med tung oppakning og utrustning. Tidligere er også dette arbeidskravet nøye beskrevet for romerske legionærer<sup>5</sup>. Legionærene ble trent til å kunne klare å gå 20 miles (om lag 30 km) på fem romerske "sommer timer" (det vil si om lag 4,6 km/t), med en utrustning som veide 60 romerske pounds (ca. 20 kg). Arbeidskravet må en kunne si at var absolutt, ettersom legionærer som ikke klarte å holde marsjfarten kunne bli tatt av dage, slik at ikke fremrykningen ble forsinket. Whipp og medarbeidere har beregnet energikravet for utmarsjen til om lag 1,4 L/min i oksygenopptak ( $\text{VO}_2$ ), men at ytre faktorer som terreng, vind osv sannsynligvis økte arbeidskravet med ytterligere 20 %. Whipp og medarbeidere estimerte at de svakeste legionærene da hadde et maksimalt oksygenopptak ( $\text{VO}_{2\text{maks}}$ ) på om lag 40  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mens Mitchell og Saltin<sup>6</sup> har beregnet at gjennomsnittlig  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  trolig har ligget i størrelsesorden 50-55  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  på de romerske legionærene. Dette er interessant nok identisk med aerob kapasitet hos dagens norske vernepliktige<sup>7</sup>.

## Arbeidskrav militært personell – et komplekst tema

Å beskrive de fysiske arbeidskravene for dagens militære oppdrag er en stor og kompleks oppgave. De siste 20 årene har blant annet kanadierne lagt ned mye ressurser i å definere og kvantifisere militære arbeidskrav. Et av arbeidene har resultert i en rapport på godt over 500 sider som omhandler arbeidskrav og tilhørende fysiske tester<sup>4</sup>. I en annen studie som omhandlet arbeidskrav i det amerikanske Forsvaret ble nær to tusen arbeidsoppgaver vurdert med tanke på hvilke fysiske arbeidskrav som gjaldt for de enkelte oppgavene (Myles og medarbeidere 1984 i<sup>8</sup>).

Ved sesjon i Norge blir fremtidig vernepliktige soldater fordelt til mange ulike type tjenester og videreutdanninger i Forsvaret. Noen av tjenestene har stort sett de samme fysiske kravene, mens andre består av oppgaver som krever andre fysiske kapasiteter. En jagerflyger skal kanskje kunne tåle en gravitasjonskraft på 9

G<sup>9</sup>, veie minimum 60 kilogram for at utskytningsmekanismen på setet skal kunne utløses, samt kunne bevege seg til fots over lange avstander etter en eventuell utskytning/nødlanding. En infanterisoldat skal også kunne bevege seg til fots over lange avstander; og da gjerne med tung oppakning, samt sitte i et militært kjøretøy i flere timer på humpete veier, ikledd tung utrustning og hjelm, uten å pådra seg belastningsskader i for eksempel nakkeregion<sup>10</sup>. De mange ulike type tjenester innen Hær, Sjø, Luft, reservestyrker og stabspersonell, gjør det nær sagt umulig å definere presise arbeidskrav for hver enkelt tjeneste eller alle oppgaver som krever en form for fysisk arbeidskapasitet.

Militære arbeidskrav må dessuten ikke sees på som absolutte. Med erfaring fra tidligere operasjoner kan det for eksempel settes et krav at en soldat skal klare å flytte en person på 80 kg ut av et hus i løpet av 60 sekunder. Imidlertid hjelper det lite at soldaten klarer dette kravet hvis et senere scenario tilsier at man kun har 15 sekunder på å evakuere en medsoldat ut fra kriseområdet. Å bevege seg til fots med en gjennomsnittlig hastighet på 4,5 km/t over en viss distanse kan være et annet militært arbeidskrav. Dette kan for eksempel medføre et krav til  $VO_{2maks}$  på minimum  $45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Den ene dagen klarer alle soldatene oppdraget, men dagen etter har det snødd, med den konsekvens at kun soldater med  $VO_{2maks}$  over  $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  klarer å holde gjennomsnittsfarten på 4,5 km/t. Et fysisk arbeidskrav kan altså endre seg mye på kort tid, og bør derfor oppfattes som et dynamisk krav, og ikke et krav som er gitt en gang for alltid og i alle situasjoner. I praksis betyr dette at militært personell må være trent for det ukjente, og ha evne til en fleksibel opptreden<sup>11</sup>. Å definere arbeidskrav for det ukjente må derimot kunne sies å være mer enn utfordrende.

En kan gjerne utvikle arbeidskrav som er gjeldende under ideelle forhold, men for praktisk benyttelse må en også vite noe om hvordan ytre rammevilkår som for eksempel terreng, klima, høyde, bekledning, oppakning, søvn, ernæring osv påvirker arbeidskravet i seg selv, eller via endret (ofte redusert) arbeidskapasitet. I tillegg kan også indre faktorer som for eksempel kjønn, alder, antropometri og gener påvirke arbeidskravet<sup>8</sup>. En fullstendig beskrivelse av arbeidskrav for militært personell er derfor ikke gjort i en håndvending. Imidlertid har tidligere studier på området identifisert de viktigste fysiske arbeidsoppgavene som er felles for alt militært personell, eller oppgaver som alle kan måtte utføre i en nødssituasjon, og vurdert arbeidskravet til disse oppdragene<sup>2,4,8</sup>. En arbeidsgruppe innen NATO har således identifisert graving, forflytning til fots, og løfting og bæring, som de mest vanlige fysisk krevende oppgavene for militært personell innen senere års internasjonale operasjoner<sup>8</sup>. I denne gjennomgangen av militære arbeidskrav har jeg derfor valgt å kun se nærmere på disse tre typene av militært relevant fysisk arbeid, og hvilke arbeidskrav som er forbundet med dem.

Som tidligere beskrevet bør fysiologiske arbeidskrav vanligvis vurderes i sammenheng med ulike rammefaktorer. Mange militære operasjoner gjennomføres under forhold som reduserer arbeidskapasiteten eller øker det fysiske arbeidskravet. Jeg vil derfor også kort redegjøre for hvordan klimatiske forhold (varme og kulde), høyde over havet og ernæring- og søvndeprivasjon påvirker militært personells evne til å utføre fysisk arbeid. De fysiologiske arbeidskravene, og hvordan rammefaktorer påvirker arbeidskrav- og kapasitet, vil avgrenses til primært å omhandle energi-omsetning (herunder aerobe og anaerobe krav), eventuelt også prestasjon (for

eksempel tid benyttet for et oppdrag), samt muskelkraft utviklet ved aktiviteten.

Litteratur som benyttes vil omhandle arbeidskrav og rammefaktorer både under militær trening (øvelser), under reelle militære operasjoner, samt på sivile personer i sivile settinger. De fleste refererte studier er basert på arbeidskrav målt under trening, ettersom datainnsamling under reelle ("skarpe") operasjoner av sikkerhetsmessige årsaker er mindre vanlig.



## Arbeidskrav for militært personell

Som nevnt har en arbeidsgruppe innen NATO identifisert at graving, forflytning til fots og løfting og bæring er fysisk krevende arbeidsoppgaver som soldater fra de respektive NATO land stadig blir utsatt for<sup>8</sup>. Arbeidskravene til disse tre oppgavene vil bli diskutert i dette kapittelet. Det finnes naturligvis også andre fysisk krevende oppgaver innen militært arbeid. Interesserte lesere kan for eksempel lese mer om fysiologiske arbeidskrav ved militær relevante aktiviteter som kryping/kråling<sup>15;16</sup>, skyting<sup>17-19</sup>, bevegelse i hinderbane<sup>20-22</sup>, dykking<sup>23-25</sup>, evakuering fra vann<sup>15;16</sup>, flyging<sup>26-29</sup>, klatring<sup>30-33</sup>, brannvern<sup>34-39</sup>, fallskjermhopping<sup>40-42</sup> og håndgranat kasting<sup>43</sup>.

### Graving

Det sies at 3,5 millioner sandsekker ble brukt under flommen i 1995 på Østlandet<sup>44</sup>. Svært mange av sandsekkene ble produsert av HV-soldater som manuelt fylte sekkene ved hjelp av spader. Tilsvarende graving og fylling av sandsekker er rapportert utført av andre lands militære styrker i forbindelse med internasjonale flomkatastrofer<sup>2</sup>. Graving av skyttergraver er også en tradisjonell militær aktivitet, for å skaffe soldatene beskyttelse ved eventuelle skuddvekslinger med fienden<sup>2;48</sup>. I moderne operasjoner har graving av skyttergraver eller fylling av sandsekker blant annet blitt utført av britisk militært personell i konfliktene i Mosambik (1991-92), Jugoslavia (1993-95), Kosovo (1999), Kuwait og Irak (2003-)<sup>8</sup>. I det nederlandske forsvaret er graving definert som en av fire kritiske oppdrag som skal kunne forventes utført tilfredsstillende av landbasert personell, og det samme forventes blant annet av kanadisk militært personell<sup>8</sup>.

Noen av de første arbeidskravsstudiene på området ble gjennomført på begynnelsen av 1900-tallet på personell som skyflet kull i industriarbeid (Taylor 1913 i <sup>8</sup>). Studier de siste 80 årene har blant annet kartlagt hvordan arbeidskravet endrer seg etter gravefrekvens, kastehøyde, kastelengde, mengde materie på spadebladet, spadens utforming, arbeidsteknikk og materiens konsistens/sammensetning <sup>8;45-48</sup>. I tillegg er kreftene som virker på ryggstølen undersøkt ved graving med forskjellig teknikk og utstyr (Freivalds 1986b i <sup>8</sup>).

Første verdenskrig ble gjerne betegnet som en skyttergravskrig<sup>49</sup>, og selv om senere militære konflikter ikke har fått tilsvarende betegnelser, utføres graving av skyttergraver også i moderne konflikter og øvelser. Et eksempel kan gis fra en britisk militær øvelse på 1990-tallet hvor det ble beregnet at en bataljon (ca 500 soldater) i løpet av et døgn gravde 1380 tonn med jord for å lage 113 skyttergraver. Kun gravingen tilsvarte da et arbeid på 19,6 megajoul (MJ) eller om lag 4700 kilocalorier (Kcal) per soldat (Stickland 1995 i <sup>8</sup>).

Arbeidskravet i form av direkte målt  $VO_2$  er også beregnet ved graving av skyttergraver. I en studie av Deakin og medarbeidere<sup>2</sup> gravde 16 mannlige soldater en viss mengde materie som skulle tilsvare en skyttergrav for én person (1,8 x 0,6 x 0,45 meter). Arbeidet ble utført så raskt som mulig (i snitt om lag 7 minutter varighet). Oksygenopptaket ble målt med et bærbart indirekte kalorimetri system. Gjennomsnittlig  $VO_2$  var  $30,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , hvilket utgjorde om lag 64 % av estimert  $VO_{2\text{maks}}$ . Studien er kun tilgjengelig i rapportform, og har enkelte svakheter som at  $VO_{2\text{maks}}$  er indirekte beregnet ut fra 20 meter shuttle run test<sup>50</sup>, og at testmetodene

ikke er beskrevet med tilstrekkelig detaljer for å få en full forståelse av hvordan studien metodisk er gjennomført.

Noe lavere estimert  $\text{VO}_2$  ble funnet av Nevola og medarbeidere (2003b i<sup>8</sup>) da de undersøkte arbeidskravet ved graving av beskyttelsesgrop i våt sand ved et tempo på 20 spadetak per minutt. Ut fra hjerterefrekvensmålinger estimerte de arbeidskravet til gjennomsnittlig ( $\pm$  SD) å være  $23,3 \pm 8,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , hvilket tilsvarte 55,3 % av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ . Å estimere  $\text{VO}_2$  ut fra hjerterefrekvens kan være befengst med unøyaktighet<sup>51</sup>, og dataene bør derfor vurderes som noe mer usikre sammenlignet med direkte målinger av  $\text{VO}_2$ .

Energikostnaden ved fylling av sandsekker er også undersøkt. Rayson og medarbeidere (1994 i<sup>8</sup>) målte  $\text{VO}_2$  direkte med bærbart analyseutstyr hos fire mannlige soldater som manuelt fylte sandsekker i et selvvalgt tempo, og deretter løftet sekkene opp til 1,8 meters høyde. Gjennomsnittlig  $\text{VO}_2$  ble målt til  $30,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  for fylling og bæring av sekkene. Soldatene rapporterte arbeidet til å tilsvare 17 RPE (*rating of perceived exertion*) på Borgskalaen<sup>52</sup>, som går fra 4 (veldig, veldig lett) til 20 (veldig, veldig hardt).

Studiene nevnt over viser altså at manuell graving av skyttergraver eller fylling av sandsekker krevde et  $\text{VO}_2$  på om lag 50-60% av soldatenes  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ . Et arbeidskrav på  $23\text{-}30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (50-60%) høres kanskje umiddelbart ikke så slitsomt ut, men ved langvarig arbeid vil utnyttelsesgraden av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  måtte reduseres for ikke å utmatte personen for tidlig<sup>51</sup>. Gleser og Vogel<sup>53</sup> og Åstrand<sup>54</sup> har demonstrert at et individ i gjennomsnitt kan jobbe på om lag 50 % av sitt  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  i opp til åtte timer, men det betyr at vedkommende da er utmattet. For fysisk arbeid blant normal befolkningen er det anbefalt at arbeidskravet ikke overstiger 40 % av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  hvis en skal klare å jobbe en full arbeidsdag<sup>51,55</sup>. Sett i lys av dette må en kunne si at graving medfører et relativt høyt fysiologisk arbeidskrav for militært personell, og at det vil være nødvendig med et  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  på  $\geq 50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  for å kunne holde samme tempo som i ovennevnte studier. Likevel er litteraturen noe uklar på hvor ofte det faktisk er nødvendig å utføre graving i forbindelse med dagens militære operasjoner. Det er i hvert fall lite som tyder på at graving er et like sentralt fysisk arbeidskrav i dagens moderne operasjoner sammenlignet med for eksempel 1. verdenskrig – som gjerne kalles for skyttergravskrigen.

## Forflytning til fots

Studier og intervjuer av soldater viser at forflytning til fots (utmarsjer) er en av de mest fysisk krevende oppgavene for soldater<sup>56</sup>. Militær forflytning til fots innbefatter som oftest å bære noe i tillegg til å flytte egen kroppsvekt, og dette øker energikravet<sup>57-60</sup>. Data fra militære øvelser over flere dager, der marsj med oppakning er en sentral aktivitet viser at energiomsetningen målt med dobbeltmerket vann gjerne er i størrelsesorden 4500 – 6300 kcal per døgn for mannlige soldater<sup>61-64</sup>.

Historiske studier viser at infanterisoldater vanligvis bar rundt 15 kg i militære operasjoner før 1900-tallet<sup>8,65</sup>. Ekstra utstyr og vekt ble transportert på kjerrer, hest eller av egne bærere. Troppeforflytninger ble gjennomført til fots, ofte over lange distanser. I 1805 gikk for eksempel Napoleon sine soldater 125 km på 50 timer i slaget

om Austerlitz<sup>8</sup>. For dagens soldater skjer de fleste lange forflytningene med kjøretøy, men det finnes også eksempler fra moderne konflikter der nesten all forflytning har måttet skje til fots på grunn av dårlig veier og infrastruktur<sup>66</sup>. Et eksempel er fra Falklandskrigen i 1982 der britiske soldater avla distanser på 60 km med oppakning på nærmere 70 kg. Studier viser også at vekten på soldaters oppakning har økt gjennom tidene, og at infanteristens oppakning har fordoblet seg fra 1. verdenskrig til vår tids operasjoner<sup>65</sup>. Målinger fra Afghanistan i 2003 viser at amerikanske infanterisoldater forflyttet seg til fots med pakninger på mellom 30 og 60 kg<sup>67</sup>. Vekten som ble båret varierte mellom soldater med ulike stillingsinstrukser, samt type oppdrag.

Arbeidskravsstudier av forflytning til fots med oppakning har stort sett tatt utgangspunkt i å måle energikravet i form av  $VO_2$  (totalt, per kg kroppsvekt eller som prosent av  $VO_{2maks}$ ), samt at enkelte studier har sett på kravet til muskelstyrke. Denne type studier har helst kun fokusert på selve forflytningen. Med utgangspunkt i et realistisk scenario, bør imidlertid arbeidskravene til denne type utmarsjer også ta hensyn til at soldatene ikke bare skal kunne gjennomføre forflytningen, men faktisk også å være i stand til å utføre de operasjonene som venter når forflytningen er gjennomført:

*"On the field of battle man is not only a thinking animal, he is a beast of burden. He is given great weights to carry. But unlike the mule, the jeep, or any other carrier, his chief function in war does not begin until the time he delivers that burden to the appointed ground."*  
- Marshall (1950 i 8) –

Av de første studiene på området bør en nevne Cathcart og medarbeidere (1923 i <sup>68</sup>) som på 1920-tallet målte  $VO_2$  direkte hos soldater som gikk på ulike hastigheter og med ulik vekt på oppakningen. Av senere studier bør Pandolf og medarbeidere nevnes<sup>69</sup>. På bakgrunn av målinger av  $VO_2$  ved ulike hastigheter, tyngde på oppakning, terreng og stigningsgrad, utviklet de en ligning for å predikere arbeidskravet ved gang med oppakning:

$$M_w = 1,5W + 2(W+L) \cdot (L/W)^2 + N(W+L) \cdot (1,5V^2 + 0,35VG)$$

(Der  $M_w$  = energikravet i watt (W), W = vekt på personen, L = vekt på oppakning, N = terrengfaktor<sup>1</sup>, V = ganghastighet i m/sek, G = stigningsgrad i prosent).

Ligningen til Pandolf og medarbeidere er validert i flere studier. Duggan og Haisman<sup>70</sup> fant ingen forskjell i direkte målt energiomsetning ved ulike hastigheter og oppakninger, sammenlignet med estimert energiomsetning ut fra formelen til Pandolf og medarbeidere. Ligningen til Pandolf og medarbeidere er utviklet på bakgrunn av "steady state" målinger på kun 20-30 minutter. Enkelte studier viser at ved arbeid med lengre varighet og en relativt høy intensitet, vil  $VO_2$  ikke nå en "steady state", men fortsette å øke noe utover i arbeidet<sup>71,72</sup>. Dette ser kun ut til å gjelde når oppakningen er så tung at arbeidet medførte et energikrav på  $\geq 50\%$  av  $VO_{2maks}$ . Konsekvensen av

1 Asfalt = 1,0; grusvei = 1,1; tynn vegetasjon = 1,2; tett vegetasjon = 1,5; myr = 1,8; løs sand = 2,1

Faktoren for snø kan regnes ut ved formelen:  $T = 1,30 + 0,082 \cdot D$  (der D = snødybden)

disse funnene er at ligningen til Pandolf og medarbeidere trolig beregner energikravet noen lunde riktig når arbeidskravet er relativt lavt, mens det ved tyngre arbeid kan forventes at ligningen underestimerer energikravet med om lag 10-16%. Litteraturen på området er imidlertid noe inkonsistent. Sagiv og medarbeidere<sup>73</sup> fant nemlig ingen økning i  $\text{VO}_2$  ved langvarig gang med oppakning. Forskjellen i konklusjon mellom studiene kan skyldes at ulike bæreteknikker ble benyttet<sup>65</sup>.

Den praktiske nytten av arbeidskravsligningene er blant annet at befal kan få en idé om hva som kan være forventet marsjhastighet for en tropp, gitt at opplysninger om troppens gjennomsnittlige (og laveste)  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  er kjent<sup>74</sup>. En må også kjenne til hvilken intensitet (prosent av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ ) som kan forventes ved et langvarig arbeid. Myles og medarbeidere<sup>75</sup> undersøkte dette hos franske soldater som under en øvelse gikk 204 km i løpet av 6 dager. Studien viste at soldatenes selvvalgte marsjeringstempo var på 30-40 % av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ . Andre studier viser at selvvalgt intensitet er litt høyere (~45 %) ved kortere utmarsjer over 1-3 timer<sup>76;77</sup>. Når ganghastigheten ikke er selvvalgt, viser studier at intensiteten over 8 timers gang med oppakning kan være på rundt 50 % av aerob kapasitet<sup>78</sup>. For øvrig er det et poeng at beregnet intensitet ved gang med oppakning tar utgangspunkt i  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  målt ved gang, og ikke ved løp<sup>8</sup>. Testes  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  ved løp vil en oppnå noe høyere verdier enn ved en gangprotokoll. Hvis prosentvis intensitet ved gang beregnes ut fra målt  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  ved løp, vil prosentvis intensitet underestimeres, med den konsekvens at soldatene blir mer utmattet enn beregnet. For øvrig har Knapik og medarbeidere (1993 i <sup>8</sup>) utviklet tabeller over beregnet marsjeringstid for en gitt distanse ved ulik oppakning og ved ulikt terreng. Tabellen ble utviklet på bakgrunn av Pandolf og medarbeideres ligning, og ut fra en gruppe med soldater med  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  på  $54 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Tabellen bør således være relativt riktig for norske mannlige vernepliktige soldater, som har om lag samme aerobe kapasitet som de amerikanske soldatene<sup>7;79</sup>.

Vekten på oppakningen er sentral, ikke bare med tanke på energikravet til forflytningen, men også med tanke på hva som er behagelig, hva som øker risikoen for belastningsskader, og om mobiliteten hemmes:

*We attacked to secure the airhead. We were like slow moving turtles. My rucksack weighed 54 kg. I would get up and rush for 10 meter, throw myself down and couldn't get up. I'd rest for 10 or 15 minutes, struggle to get up, go 10 more meters, and collapse. After a few rushes I was physically unable to move, and I am in great shape.*

- Dublik (1987 i <sup>8</sup>) -

Militære doktriner påpeker gjerne hva som er akseptable grenser for vekt som soldater skal kunne bære, men i praksis klarer man ikke alltid å ligge innenfor disse grensene<sup>67</sup>. De fleste er enige om at vekten på oppakningen ikke bør uttrykkes i absolutte former, men heller som en prosent av kroppsmasse, eventuelt lean body mass<sup>67;80</sup>. I den britiske hæren på 1920-tallet var anbefalingene at oppakningen ikke burde veie mer enn 18-20 kg eller 1/3 av kroppsvekten (Marshall 1950 i <sup>68</sup>). Nyere anbefalinger har vært fra 20 – 45 % av egen kroppsvekt, men at type oppdrag og fysisk form bør tas hensyn til<sup>8</sup>. Uansett vil økt oppakning øke arbeidskravet, og beregninger viser at hver ekstra kg med oppakning betyr en økning i  $\text{VO}_2$  på  $0,34 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , eller  $1,1 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  i hjertefrekvens ved forflytning til fots<sup>81</sup>. For at soldater skal klare å

gjennomføre regulære utmarsjer med tung oppakning uten for stor grad av utmattelse er det foreslått at  $VO_{2maks}$  bør være minimum  $43-50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1(74)}$ . Imidlertid vil dette tallet være avhengig av blant annet personens vekt, men også hvilken metode som er benyttet ved testing av  $VO_{2maks}$ , ettersom vi vet at  $VO_{2maks}$  for eksempel måles høyere ved løp enn sykling<sup>51</sup>.

Gang med tung oppakning innebærer ikke bare et arbeidskrav for aerob kapasitet, men også for muskulær styrke. Enkelte studier viser at prestasjonen ved gang eller løp med tung oppakning kan være vel så mye avhengig av kroppsvekt, *lean body mass* eller muskelstyrke, sammenlignet med aerob kapasitet<sup>59;60;82;83</sup>. Spesielt gjelder dette når vekten som bæres er høy og ved arbeid av kortere varighet. Et viktig poeng å understreke er at gang med tung oppakning utvilsomt har et aerobt krav knyttet til seg, men at absolutt  $VO_{2maks}$  ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) gir mer verdifull informasjon enn  $VO_{2maks}$  uttrykt per kg kroppsvekt ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) når det gjelder å predikere gangprestasjon<sup>60</sup>. Med tanke på muskulær styrke er det gjerne mage og rygg som oppfattes som spesielt viktig<sup>8</sup>. Også styrke i muskulatur for kne ekstensjon og fleksjon er vist å korrelere med prestasjonsevnen i gang med oppakning<sup>8</sup>.

I tillegg til styrke og aerob kapasitet kan en også si at arbeidskravet ved gang med tung oppakning innebærer å tåle lokal smerte i ledd og muskulatur, samt unngå belastningsskader. I studien til Myles og medarbeidere<sup>84</sup> var det problemer med føtter og tilhørende belastningsskader som for mange begrenset prestasjonsevnen ved den lange utmarsjen. Tilsvarende tilbakemelding fikk man fra svenske rekrutter som ble intervjuet etter en utmarsj på 20-26 km med 15 kg oppakning. Av de svenske rekruttene svarte 42 % at det var problemer bein ben eller føtter som begrenset prestasjonen, mens kun 11 % mente de ble begrenset av generell utmattelse (Dalen 1978 i<sup>68</sup>). Belastningsskader som følge av gang med tung oppakning er også beskrevet i flere andre studier på militært personell<sup>85-87</sup>.

Til slutt bør det nevnes at arbeidskravet ved gang med oppakning endrer seg ut fra blant annet plassering av vekt i ryggsekk og på kroppen, samt ulike bæremetoder og utstyr. Kort fortalt er det mest energiøkonomisk at det som bæres plasseres nærmest mulig kroppens tyngdepunkt<sup>88;89</sup>. Vekt båret på bein eller fot bør unngås, ettersom energikostnaden da er høyere sammenlignet med om vekten hadde blitt båret på overkroppen<sup>88;90</sup>. For en mer inngående beskrivelse av dette temaet henvises det til artikkelen av Knapik og medarbeidere<sup>65</sup>.

## Løfting og bæring

Løfting og bæring (engelsk: manual material handling) kan defineres som det å flytte et objekt, vertikalt eller horisontalt, fra et sted til et annet ved hjelp av egen kropp, hvilket primært vil si ved bruk av hendene<sup>8</sup>. Litteraturen på området har gjerne tatt utgangspunkt i temaene energikrav og utmattelse. Dette utgangspunktet vil også her benyttes ved beskrivelsen av fysiologiske arbeidskrav ved løfting og bæring (heretter også kalt objektflytting) hos militært personell.

Løfting og bæring oppgis som den vanligst fysisk utfordrende oppgaven for militært personell<sup>8</sup>. Amerikanske soldater har oppgitt at løfting og bæring utgjør 90 % av de oppdragene der deres fysiske kapasitet er begrensende for utførelsen. Nottrodt og Celentano (1984 i <sup>2</sup>) fant at muskulær styrke begrenset prestasjonen ved frontlinjen i militære kamper mer enn den aerobe kapasiteten. Typiske militære oppgaver som innebærer løfting og bæring er evakuering av såret personell til lands (bårebæring) og til vanns, flytte sandsekker, løfte materiell inn på lastebiler, løfte jerry canner med drivstoff, løfte tyngre ammunisjon inn i våpensystem, flytte trær og ulikt materiell i forbindelse med naturkatastrofer, levere ut mat og utstyr ved humanitære katastrofer, samt flytte og sette opp provisoriske leir- og teltplasser<sup>2;8;15;74;91</sup>.

I flere land har man utviklet grenseverdier for hvor mye arbeidere og soldater skal kunne løfte. Ved utvikling av nytt materiell for den amerikanske hæren har man vektgrenser å forholde seg til, slik at ikke løftene skal bli for tunge for brukerne av utstyret<sup>8</sup>. En mannlig soldat skal ikke måtte løfte mer enn 39,5 kg når han benytter to hender for å løfte utstyr fra bakkenivå og til hofte høyde. For kvinnelige soldater er grensen 20 kg. Tilsvarende retningslinjer finnes blant annet i den britiske hæren. Likevel kan løftene fort være mer krevende enn anbefalt, da ikke alt materiell er uformet i henhold til anbefalingene. I krisesituasjoner kan heller ikke denne type retningslinjer gjelde, ettersom for eksempel det å flytte en såret soldat i full grunnutrustning, vill kreve atskillig mer enn det retningslinjene legger til grunn. Studier blant amerikanske og britiske soldater viser at løft og bæring av objekter på 85 - 110 kg forekommer, men at flertallet av oppdragene innebærer løft i størrelsesorden 20 – 50 kg<sup>8</sup>.

Studier av fysiologiske arbeidskrav ved løfting og bæring er ikke enkelt. For det første finnes det et nærmest uendelig antall forskjellige løfte- og bæreoppdrag for militært personell. Enkelte type oppdrag går igjen, men ytre forhold som for eksempel løftehøyde, eller variasjoner i objektets vekt kan være forskjellig fra gang til gang, og påvirker dermed arbeidskravet. Enkelte typer oppdrag kan innebære mange repeterte løft over lang tid, mens andre oppdrag betyr ett eller få maksimale løft. Arbeidskravene vil da oftest være relatert til henholdsvis aerob kapasitet og anaerob kapasitet/ maksimal styrke<sup>8</sup>. I tillegg er mange av studiene gjort på for eksempel standardiserte objekter for formålet (for eksempel firkantede bokser med håndtak). Dette letter arbeidskravet betraktelig, sammenlignet med realiteten som ofte innebærer løfting av like tunge objekter, men som har en mindre hensiktsmessig ergonomisk utforming<sup>8</sup>.

Det er mange faktorer som påvirker arbeidskravet ved flytting av objekter. Naturligvis er objektets vekt et sentralt punkt, men arbeidskravet påvirkes også av objektets utforming, løftehøyde, om løftet starter fra bakken eller høyere, kroppsposisjon, løfteteknikk, flyttedistanse, løftefrekvens, kjønn og antropometriske mål hos de som utfører arbeidet<sup>8;92-96</sup>. Det er utviklet flere ligninger for å predikere energikostnaden ved ulike typer løft som tar hensyn til en del av disse faktorene<sup>8;97</sup>.

Av relevante løfte- og bæreooppdrag for militært personell, er blant annet bærebering studert med tanke på arbeidskrav<sup>98-102</sup>. Et av studiene målte blant annet kreftene som virker på hendene ved bæring av bære. Ved gang målte man opp mot 470 Newton i hvert av bærehåndtakene, hvilket utgjorde henholdsvis 98 % og 130 % av menn og kvinners maximal voluntary contraction (MVC)<sup>103</sup>. Knapik og medarbeidere<sup>98,102</sup> har også målt hjertefrekvens og  $VO_2$  ved bærebæring, samt ulike tekniske bæresystemers påvirkning på energikravet. Her fant man at ved kortvarig (gjennomsnittlig 2,7 minutter) maksimal bærebæring (vekt 82 kg), predikerte muskelteversnitt og beintykkelse i underarmen, sammen med lårmuskulatur og prestasjon i push-ups, nærmest hele variasjonen i prestasjonen mellom ulike individer. Konklusjonen var at muskelteversnitt og muskulær utholdenhet i overkroppen er viktige fysiologiske faktorer for å klare å bære en tung bære. De fant også at ved for eksempel å benytte et system der bære kunne bæres ved hjelp av et bæresystem som plasserte deler av vekten på hoftene eller skuldrene, så ville prestasjonsevnene øke vesentlig og energikravet bli redusert. Det er for øvrig også vist at den reduserte utmattelsen i hender, armer og overkropp som oppnås med ulike bæresystemer, medfører bedre skyteprestasjoner etter endt bæring, sammenlignet med etter tradisjonell bæremetode<sup>104</sup>.

I en annen studie ble energikravet ved lading av en Howitzer (haubitser; kanon) undersøkt<sup>74</sup>. Studien viste at et  $VO_2$  på  $1,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  var nødvendig for denne type arbeid, hvilket betyr at en soldat på 70 kg trenger et  $VO_{2\text{maks}}$  på om lag 43-50  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (tilsvarende som for utmarsj med oppakning) for å unngå for tidlig fysisk utmattelse<sup>74</sup>. Studier viser også at energikravet er lavere i løfteoppgaver som bare involverer overkroppsmuskulatur, sammenlignet med løfteoppgaver som engasjerer underkroppsmuskulatur<sup>105</sup>. Dette skyldes trolig at vi vanligvis har mer muskelmasse i underkroppen, som dermed kan engasjeres og skape en større energiomsetning enn ved kun overkroppsarbeid.

Det er anbefalt at militært personell bør utvikle en generell god muskelstyrke og god aerob kapasitet for å kunne utføre løfte- og bæreooppdrag tilfredsstillende<sup>4</sup>. Militært personell må nemlig både være trent for få og maksimale løft, samt langvarig arbeid med mange og lettere løft. Dette kan kreve helt ulike egenskaper<sup>8</sup>. For eksempel fant Deakin og medarbeidere<sup>2</sup> at sandsekk flytting og bærebæring korrelerte sterkere til  $VO_{2\text{maks}}$  enn muskelstyrke. Dette kommer trolig av at øvelsene var av relativt lang varighet. Som nevnt fant Knapik og medarbeidere<sup>102</sup> det motsatte; at muskelstyrke korrelerte sterkest med bærebæring, men arbeidet her var av kortere varighet enn i studien til Deakin og medarbeidere. Tilsvarende viste Singh og medarbeidere<sup>4</sup> at prestasjonen i ammunisjonskasse løft var mest påvirket av absolutt  $VO_{2\text{maks}}$  (og fettprosent), mens det ved løfting av jerry kanner var overkroppsstyrken som påvirket prestasjonen mest. Disse eksemplene viser at det er krav til både aerob kapasitet og muskelstyrke ved mange løfte- og bæreooppdrag i Forsvaret<sup>106</sup>.

Angående intensitet i arbeidet med objektflytting, så anbefalte Garg og medarbeidere (1992 i<sup>8</sup>) at man ikke overstiger 50 % av  $VO_{2\text{maks}}$  ved 1 times arbeid, 40 % ved to timers arbeid, og 30 % ved 8 timers arbeid, for å unngå utmattelse i forbindelse med arbeidsoppdraget. Den prosentvise intensiteten bør (som for utmarsj og graving) ta utgangspunkt i  $VO_{2\text{maks}}$  målt i den aktuelle øvelsen. Intensitetsberegning med utgangspunkt i  $VO_{2\text{maks}}$  ved løping, vil gjerne underestimere intensiteten ettersom det er vist at  $VO_{2\text{maks}}$  i løftetester er lavere enn ved løping<sup>95</sup>.



## Rammefaktorer og arbeidskrav

Som nevnt i innledningen bør arbeidskrav ikke bare analyseres ut fra standardiserte laboratorieforhold, men også ta hensyn til at rammevilkårene ofte påvirker arbeidskravet. I en realistisk militær kontekst vil rammevilkårene ofte ikke være optimale, og hvis en da tar utgangspunkt i arbeidskrav som er utviklet ved optimale forhold, vil en kunne oppleve at soldatene ikke klarer et oppdrag de i utgangspunktet skulle ha god nok fysisk kapasitet til å gjennomføre.

Ulike rammefaktorer kan beskrives som interne eller ytre, der førstnevnte kan være faktorer som alder, kjønn, antropometriske forhold og genetikk, mens ytre faktorer kan være ernæring, klima, kulde, høyde over havet, bekledning og søvn<sup>8</sup>. Rammefaktorer kan også deles inn i faktorer som direkte påvirker arbeidskravet; slik som terreng, underlag eller klima, eller man kan snakke om rammefaktorer som påvirker arbeidskapasiteten; slik som ernæring, høyde over havet og søvn, og som dermed kan sies å påvirke det "relative" arbeidskravet.

I dette kapitlet vil det kort gjøres rede for hvordan klimatiske forhold (varme og kulde), høyde over havet og ernæring- og søvndeprivasjon kan påvirke militære fysiske arbeidskrav direkte, eller indirekte via redusert arbeidskapasitet.

### Varme og kulde

Mange militære operasjoner foregår under klimatiske forhold som kan være utfordrende for soldater. Det er ikke bare temperaturen (høy eller lav) som kan tenkes å påvirke den fysiske arbeidskapasiteten. Momenter som vind, relativ luftfuktighet, bekledning og fysisk aktivitet vil bidra til og øke eller redusere det termiske stresset på soldater<sup>8</sup>.

Mennesker kan tåle å oppholde seg i temperaturer på mellom -50 og 100 °C, men kan kun tåle en variasjon i kjerne kroppstemperaturen på om lag 4 °C før fysisk og mental prestasjonsevne reduseres<sup>51</sup>. Under varmt arbeid vil blodet distribueres slik at mer går til huden på bekostning av de arbeidende muskler. Under submaksimalt arbeid vil da hjerterefrekvens være forhøyet, eventuelt sammen med økte laktatverdier. Ved maksimalt aerobt arbeid er det vist at prestasjonsevnen synker med økende kroppstemperatur ut over normaltemperatur<sup>107;108</sup>. Tilsvarende er det også vist at maksimal muskelstyrke og hurtighet kan være redusert ved økt kjerne kroppstemperatur<sup>109;110</sup>. Den fysiske prestasjonsevnen ser først ut til å reduseres som følge av varme når kjerne kroppstemperaturen øker til  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ <sup>107</sup>. I tillegg til at økt kjernetemperatur kan ha negativ påvirkning på fysisk prestasjonsevne, vil gjerne varmt klima føre til dehydrering hvis ikke man er påpasselig med å drikke nok væske. Væskeunderskudd er godt dokumentert at fører til redusert fysisk prestasjonsevne, også ved et væskeunderskudd som kun tilsvarer 1-2 % av kroppsvekten<sup>51</sup>.

Fysisk prestasjonsevne kan også reduseres av kulde. Det er vist at både aerob prestasjonsevne, maksimal muskelstyrke og anaerob power kan reduseres ved nedsatt kjernetemperatur<sup>51</sup>. Andre studier har imidlertid ikke påvist denne nedgangen i fysisk prestasjonsevne, deriblant  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  etter akutt eksponering for kulde<sup>111;112</sup>. Ulik eksponeringstid for kulden, ulik kjernetemperatur, samt ulike testmetoder kan være årsaker til de ulike konklusjonene fra ulike studier.



Akklimatisering til varme og kulde kan redusere prestasjonsnedgangen som kan sees ved akutt eksponering for varmt eller kaldt klima. Spesielt gjelder dette for varme<sup>51</sup>, mens effekten av kuldeakklimatisering trolig er mindre (Young 1966 i<sup>8</sup>). Det må også nevnes at riktig bekledning er sentralt for å regulere kroppstemperaturen, men for militært personell kan nødvendig beskyttelsesutstyr vanskeliggjøre optimal temperaturregulering<sup>113</sup>.

## Høyde over havet

I 2002 var 23 av verdens 27 væpnede konflikter definert til å foregå i høyden (Pandolf og Burr 2002 i<sup>114</sup>). Samme år var amerikanske soldater i kamper i Takur Gur i Afghanistan, hvilket ligger på 3600 meter over havet (m.o.h). Det finnes også eksempel på at krig er ført på over 7000 meters høyde i områder mellom India og Pakistan<sup>115</sup>.

I høyden er det partielle oksygentrykket redusert, og dette medfører igjen at  $VO_{2maks}$  reduseres<sup>51</sup>. Militært personell kan ofte bli transportert til et område i høyden, uten særlig grad av akklimatisering på forhånd<sup>114</sup>. Uten en slik akklimatisering er den fysiske arbeidskapasiteten spesielt redusert. Akklimatiseringen fører imidlertid til visse fysiologiske adaptasjoner, som at ventilasjonen øker, plasmavolumet reduseres, samt at hemoglobinkonsentrasjonen øker<sup>116</sup>. Dette bidrar til at prestasjonsevnen gradvis tar seg opp igjen med økende akklimatiseringstid, men den aerobe kapasiteten vil uansett være redusert selv etter flere måneders opphold i høyden, sammenlignet med i lavlandet<sup>117</sup>.

Det er en vanlig oppfatning at en målbar reduksjon i  $VO_{2maks}$  ikke inntreffer før om lag 1500 m.o.h, og at  $VO_{2maks}$  deretter reduseres lineært med omtrent 10 % per tusen meter<sup>117</sup>. Dette betyr for eksempel at norske soldater i Kabul i Afghanistan (ca. 1800 m.o.h) kun forventes å ha noen få prosents reduksjon i  $VO_{2maks}$ , sammenlignet med i lavlandet. Andre mener å kunne påvise redusert  $VO_{2maks}$  allerede fra rundt 600 m.o.h<sup>118</sup>. Maksimal muskelstyrke og power ser derimot ikke ut til å være redusert som følge av akutt eller langvarig opphold i høyden<sup>8;119;120</sup>.

Det er ikke publisert mange studier som har sett på soldaters endring i prestasjonsevne i høyden. Grunnen er trolig at dette etter hvert er veldokumentert i sivile studier, og at militært personell antas å ha samme respons som sivile. En av de relativt få studiene som er gjort på militært personell har sett på effekten av det å alternere mellom elleve dager i høyden (3550 m.o.h) og tre dager i lavlandet i seks måneder, jamfør kun å leve i lavlandet. Studien viste at soldatene som tidvis var i høyden hadde et  $VO_{2maks}$  som var 10,6 % lavere i høyden enn i lavlandet, mens de ikke-akklimatiserte soldatene hadde en reduksjon på 14,1 % i  $VO_{2maks}$  da de ble testet på 3550 m.o.h. Tilsvarende funn ble gjort av Brothers og medarbeidere<sup>121;122</sup> da de så på prestasjonen ved 1,5 mile løp og  $VO_{2maks}$  på blant amerikanske soldater under opphold på 2210 m.o.h. Soldater som var oppvokst i høyden presterte 5-6 % bedre på løptestene, sammenlignet med soldater som tidligere hadde levd i lavlandet. En svakhet ved studiene er imidlertid at en ikke kan være sikker på om forskjellen i prestasjon skyldes tidligere akklimatisering til høyde, eller om prestasjonsforskjellen skyldes andre faktorer.

## Ernæringsunderskudd og søvndeprivasjon

Militære øvelser har gjerne som mål å skape et realistisk psykisk og fysisk stress for soldatene. Kraftig ernæringsunderskudd og søvndeprivasjon er vanlige momenter, og simulerer reelle operasjoner der underskudd på mat og søvn kan være en realitet<sup>123;124</sup>. De fleste studier på området har tatt utgangspunkt i øvelser lignende stridskurset som arrangeres for norske kadetter ved Krigsskolen. Det betyr at endring i fysisk prestasjonsevne ofte er studert under forhold som kombinerer mat- og søvnunderskudd.

I en studie av Nindl og medarbeidere<sup>125</sup> så man på endring av prestasjonsevnen hos amerikanske soldater i blant annet to eksplosive øvelser (overkropp og bein), repeterte kasseløft, hinderbane, granat kast og skyting under en tre dagers hard fysisk militærøvelse med stor grad av mat- og søvnunderskudd. Studien viste at prestasjonsevnen kun var redusert for den eksplosive beinøvelsen, hinderbaneøvelsen samt kasseløft etter tre dagers øvelse. Studien konkluderte med at det var først og fremst anaerob kapasitet i underekstremiteten som var redusert.

En annen studie av Nindl og medarbeidere<sup>126</sup> så på endring i utvalgte fysiske prestasjonsparametre hos amerikanske soldater som gjennomførte et åtte ukers langt kurs for infanterijegere. Energiunderskuddet var i gjennomsnitt på ca 1000 kcal-dag<sup>-1</sup>, og gjennomsnittlig søvnmengde var 3,6 timer-dag<sup>-1</sup> gjennom de åtte ukene. Studien viste at prestasjonen i spenst ble redusert med 16 %, beregnet "power" i underekstremiteten var redusert med 21 %, mens maksimal styrke i en helkroppsovelse var redusert med 20 %. En sannsynlig årsak til nedgangen i prestasjonsevnen kan tillegges nedgangen i kroppsmasse som ble redusert med 13 % i forbindelse med øvelsen. I begge studiene av Nindl og medarbeidere ble det ikke benyttet kontrollgrupper som var utsatt for samme stress og belastning, med unntak av nok søvn og/eller mat. Det er derfor ikke så enkelt å vurdere om det for eksempel er den harde fysiske aktiviteten som primært endret prestasjonsevnen, eller om det skyldes mat- og/eller søvnunderskuddet.

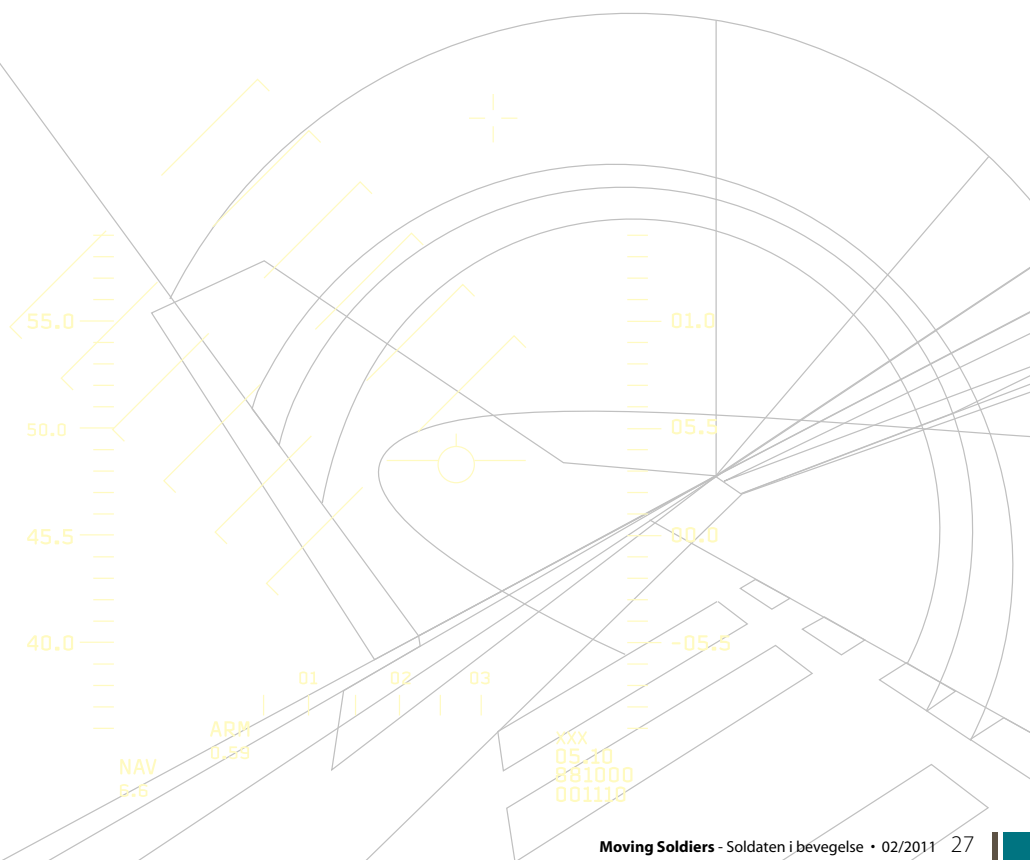
Rognum og medarbeidere<sup>127</sup> har imidlertid gjennomført en randomisert kontrollert studie under en hard fire dagers militærøvelse, der forskjellen mellom kontrollgruppen og intervensjonsgruppen kun var at førstnevnte fikk nok energi (inntak 6400 kcal-dag<sup>-1</sup>), mens intervensjonsgruppen hadde et klart energiunderskudd (inntak 1500 kcal-dag<sup>-1</sup>). Begge gruppene fikk mindre enn 2 timer søvn totalt i løpet av de fire dagene. Studien viste ingen forskjell i prestasjonsendring i en én kilometer hinderbanetest mellom de to gruppene, og kan derfor tyde på at energiunderskudd over fire dager ikke påvirket denne type fysiske prestasjonsevne.

Guezennec og medarbeidere<sup>128</sup> gjennomførte også en randomisert kontrollert studie på soldater som gjennomførte en 5 dagers øvelse. Soldatene ble delt i tre grupper der den ene gruppen fikk energitilskudd tilsvarende 1800 kcal-dag<sup>-1</sup>, gruppe to fikk 3200 kcal-dag<sup>-1</sup>, mens den siste gruppen fikk 4200 kcal-dag<sup>-1</sup>. Alle soldatene var lett søvndepriverte, etter snaut fire timer søvn i gjennomsnitt under øvelsen. Studien viste at gruppen som fikk minst energitilskudd hadde en nedgang i prestasjonsevnen og  $VO_{2maks}$  på henholdsvis 14 % og 8 %, mens det ikke var noen endring i disse parametrene for de to gruppene som fikk et høyere energitilskudd. Anaerob prestasjonsevne var ikke endret for noen av de tre gruppene.

I en annet studie ble søvndeprivasjon studert isolert, ved at 11 menn gjennomførte fysiske tester før og etter henholdsvis tre dager med tilstrekkelig søvn, og tre dager uten søvn<sup>129</sup>. Det var minimum ti dager mellom eksperiment- og

kontrollperioden. Maksimal isokinetisk og isometrisk styrke i over- og underkropp viste ingen endring etter perioden med søvndeprivasjon eller perioden med nok søvn. Tilsvarende ble det ikke påvist noen negativ effekt av søvndeprivasjonen på anaerob kapasitet eller ulike fysiologiske responser ved submaksimalt aerobt arbeid.

Det er ikke enkelt å dra noen generell slutning vedrørende effekten på fysisk arbeidskapasitet av henholdsvis søvndeprivasjon og energiuunderskudd hos militært personell. Graden av søvndeprivasjon og energiuunderskudd, lengden på øvelsen, annet fysisk stress og grad av fysisk aktivitet vil kunne påvirke konklusjonene. For relativt kortvarige perioder over for eksempel 3-10 dager viser imidlertid de fleste studier at den fysiske prestasjonsevnen ikke reduseres betraktelig så sant en viss grad av søvn og energitilskudd er tilgjengelig. Ved lengre varighet av underskudd på søvn og ernæring ser man derimot en klarere grad av redusert fysisk prestasjonsevne hos militært personell<sup>8;130</sup>.



# Oppsummering

Jeg har i denne besvarelsen forsøkt å beskrive sentrale fysiske arbeidskrav som militært personell utsettes for. Ettersom arbeidsoppgaver til militært personell er svært forskjellig avhengig av blant annet våpengren, stillingsinstruks, operasjonssted og type konflikt, er det ikke mulig å produsere et komplett bilde når det gjelder fysiske arbeidskrav for militært personell. Gjennomgangen har i stedet tatt utgangspunkt i tre sentrale arbeidsoppgaver som en ekspertgruppe innen NATO har identifisert som typiske for militært personell; graving, gang med oppakning og løfting og bæring.

Til tross for at dagens soldater har tilgang på motoriserte kjøretøy og andre teknologiske hjelpemidler så utsettes de fleste soldater for fysisk krevende arbeidsoppgaver som kan kreve både langvarig submaksimal innsats, samt kortere maksimal innsats. Fysiske utfordringer kan vel så gjerne oppstå i sammenheng med øvelser, som i reell krise og krig. Prestasjonen i både graving, utmarsj og løfting og bæring kan begrenses av soldatens fysiske kapasitet. For alle denne type oppdrag er det forslått at intensiteten ikke bør overstige 30-50 % av VO<sub>2</sub>maks over en normal arbeidsdag. Intensitet utover dette vil sannsynligvis virke utmattende på et flertall av soldater, og føre til at prestasjonsevnen synker ved påfølgende arbeidsdager. Det er foreslått at VO<sub>2</sub>maks bør være minimum 43-50 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> for soldater som skal gjennomføre denne type vanlige fysiske arbeidsoppgaver. For fysisk krevende øvelser (og reelle oppdrag) må mannlige soldater klare å utføre et fysisk arbeid som tilsvarer en energiomsetning på opp mot 6-7000 kcal·dag<sup>-1</sup>. Krav til for eksempel styrke og anaerob kapasitet er i mindre grad definert, blant annet fordi det finnes færre standardiserte løfte- og bæroppdrag.

Ved analyse av arbeidskrav ved militært arbeid må man i tillegg ta hensyn til rammefaktorer som både kan redusere arbeidskravet, og som kan øke det (hvilket er vanligst). Mange ulike type rammefaktorer påvirker militære arbeidskrav, enten direkte via økte krav, eller indirekte via redusert arbeidskapasitet. Eksempler på rammefaktorer som påvirker soldater er høyde over havet, klima, søvn og ernæring.

# Referanser

- (1) Lukian. Eit ordskifte um idrott. Oslo: Det Norske Samlaget; 1926.
- (2) Deakin JM, Pelot R, Smith JT, Weber CL. Development and Validation of Canadian Forces Minimum Physical Fitness Standard (MPFS 2000). Rapport. 31-3-2000. Ontario, Canada, Queen's University.
- (3) Stevenson JM, Bryant JT, Andrew GM, Smith JT, French SL, Thomson JM et al. Development of physical fitness standards for Canadian Armed Forces younger personnel. *Can J Sport Sci* 1992; 17(3):214-221.
- (4) Singh M, Lee SW, Wheeler G, Chahal P, Oseen M, Couture RT. Development of forces mobile command, army physical fitness evaluation and standards for field units. Rapport. 1991. Edmonton, Alberta, Canada, Faculty of Physical Education and Recreation, University of Alberta.
- (5) Whipp BJ, Ward SA, Hassall MW. Paleo-bioenergetics: the metabolic rate of marching Roman legionaries. *Br J Sports Med* 1998; 32(3):261-262.
- (6) Mitchell J, Saltin B. The oxygen transport system and maximal oxygen uptake. In: Tipton C, editor. Exercise physiology. New York, USA: Oxford University Press; 2003.
- (7) Dyrstad SM, Soltvedt R, Hallen J. Physical fitness and physical training during Norwegian military service. *Mil Med* 2006; 171(8):736-741.
- (8) NATO Research and Technology Organisation. Optimizing Operational Physical Fitness. Final Report of Task Group 019. RTO Technical report. TR-HFM-080. 2009. RTO/NATO.
- (9) Gillingham KK, Fosdick JP. High-G training for fighter aircrew. *Aviat Space Environ Med* 1988; 59(1):12-19.
- (10) Manoogian SJ, Kennedy EA, Wilson KA, Duma SM, Alem NM. Predicting neck injuries due to head-supported mass. *Aviat Space Environ Med* 2006; 77(5):509-514.
- (11) Forsvarets stabsskole. Forsvarets fellesoperative doktrine. Oslo, Norge: Forsvarsstaben; 2007.
- (12) Haug E, Sand O, Sjaastad ØV. Menneskets fysiologi. 2 ed. Oslo: Universitetsforlaget; 1992.
- (13) Bahr R, Hallén J, Medbø J. Testing av idrettsutøvere. Oslo, Norge: Universitetsforlaget; 1991.
- (14) Erikson M. Riktig kildebruk. Kunsten å referere og sitere. Oslo, Norge: Gyldendal Norsk Forlag; 2010.
- (15) Stevenson JM, Bryant JT, Andrew GM, Smith JT, French SL, Thomson JM et al. Development of physical fitness standards for Canadian Armed Forces younger personnel. *Can J Sport Sci* 1992; 17(3):214-221.

- (16) Stevenson JM, Deakin JM, Andrew GM, Bryant JT, Smith JT, Thomson JM. Development of physical fitness standards for Canadian Armed Forces older personnel. *Can J Appl Physiol* 1994; 19(1):75-90.
- (17) Knapik JJ, Rieger W, Palkoska F, Van CS, Darakjy S. United States Army physical readiness training: rationale and evaluation of the physical training doctrine. *J Strength Cond Res* 2009; 23(4):1353-1362.
- (18) Evans RK, Scoville CR, Ito MA, Mello RP. Upper body fatiguing exercise and shooting performance. *Mil Med* 2003; 168(6):451-456.
- (19) Hodgdon JA, Hesslink RL, Hackney AC, Vickers RR, Hilbert RP. Norwegian military field exercises in the arctic: cognitive and physical performance. *Arctic Med Res* 1991; 50 Suppl 6:132-136.
- (20) Pandorf CE, Nindl BC, Montain SJ, Castellani JW, Frykman PN, Leone CD et al. Reliability assessment of two militarily relevant occupational physical performance tests. *Can J Appl Physiol* 2003; 28(1):27-37.
- (21) Bishop PA, Fielitz LR, Crowder TA, Anderson CL, Smith JH, Derrick KR. Physiological determinants of performance on an indoor military obstacle course test. *Mil Med* 1999; 164(12):891-896.
- (22) Pandorf CE, Harman EA, Frykman PN, Patton JF, Mello RP, Nindl BC. Correlates of load carriage and obstacle course performance among women. *Work* 2002; 18(2):179-189.
- (23) Pelham TW, Holt LE, White H. Physical training of combat diving candidates: implications for the prevention of musculoskeletal injuries. *Work* 2008; 30(4):423-431.
- (24) Marciniak EJ, Hyde DE, Taylor WF. The relationship between the U.S. Navy fleet diver physical screening test and job task performance. *Aviat Space Environ Med* 1995; 66(4):320-324.
- (25) Bell DG, Wright GR. Energy expenditure and work stress of divers performing a variety of underwater work tasks. *Ergonomics* 1979; 22:345-356.
- (26) The Finnish Air Force, inventors. Physical exercise guide for air force aircrew. Jyväskylä, Finland 1998 1998.
- (27) Oksa J, Hamalainen O, Rissanen S, Salminen M, Kuronen P. Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70(6):556-560.
- (28) Oksa J, Hamalainen O, Rissanen S, Myllyniemi J, Kuronen P. Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. *Aviat Space Environ Med* 1996; 67(12):1138-1143.
- (29) NATO. Physical fitness in flying including the ageing and aged aircrew. Rapport. 1971. London, England. AGARD-CP-81-71.

- (30) Shephard RJ. Equal opportunity for a geriatric labor force: some observations on marine surveying. *J Occup Med* 1983; 25(3):211-214.
- (31) Berlin S, Shalit L, Yarom Y, Moran DS. Metabolic rate prediction by massless actigraphy for outdoor activities. *Mil Med* 2007; 172(8):882-887.
- (32) Watts PB. Physiology of difficult rock climbing. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91(4):361-372.
- (33) Watts PB, Drobish KM. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(7):1118-1122.
- (34) Louhevaara V, Smolander J, Korhonen O, Tuomi T. Maximal working times with a self-contained breathing apparatus. *Ergonomics* 1986; 29(1):77-85.
- (35) Smolander J, Louhevaara V, Tuomi T, Korhonen O, Jaakkola J. Cardiorespiratory and thermal effects of wearing gas protective clothing. *Int Arch Occup Environ Health* 1984; 54(3):261-270.
- (36) Bos J, Mol E, Visser B, Frings-Dresen M. The physical demands upon (Dutch) fire-fighters in relation to the maximum acceptable energetic workload. *Ergonomics* 2004; 47(4):446-460.
- (37) Bilzon JL, Scarpello EG, Smith CV, Ravenhill NA, Rayson MP. Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks. *Ergonomics* 2001; 44(8):766-780.
- (38) Bilzon JL, Scarpello EG, Bilzon E, Allsopp AJ. Generic task-related occupational requirements for Royal Naval personnel. *Occup Med (Lond)* 2002; 52(8):503-510.
- (39) Gledhill N, Jamnik VK. Characterization of the physical demands of firefighting. *Can J Sport Sci* 1992; 17(3):207-213.
- (40) Hoffman JR, Liebermann D, Gusic A. Relationship of leg strength and power to ground reaction forces in both experienced and novice jump trained personnel. *Aviat Space Environ Med* 1997; 68(8):710-714.
- (41) Pirson J, Pirlot M. A study of the influence of body weight and height on military parachute landing injuries. *Mil Med* 1990; 155(8):383-385.
- (42) Knapik JJ, Craig SC, Hauret KG, Jones BH. Risk factors for injuries during military parachuting. *Aviat Space Environ Med* 2003; 74(7):768-774.
- (43) Yuan CK, Kuo CL. Influence of hand grenade weight, shape and diameter on performance and subjective handling properties in relations to ergonomic design considerations. *Appl Ergon* 2006; 37(2):113-118.
- (44) Wikipedia. [http://no.wikipedia.org/wiki/Flommen\\_p%C3%A5\\_%C3%98stlandet\\_1995\\_\(Vesleofsen\)](http://no.wikipedia.org/wiki/Flommen_p%C3%A5_%C3%98stlandet_1995_(Vesleofsen)). 18-11-2010. Wikipedia.
- (45) Freivalds A, Kim YJ. Blade size and weight effects in shovel design. *Appl Ergon* 1990; 21(1):39-42.

- (46) Bridger RS, Cabion N, Goedecke J, Rickard S, Schabert E, Westgarth-Taylor C et al. Physiological and subjective measures of workload when shovelling with a conventional and two-handed ('levered') shovel. *Ergonomics* 1997; 40(11):1212-1219.
- (47) Freivalds A. The ergonomics of shovelling and shovel design - a review of the literature. *Ergonomics* 1986; 29(1):3-18.
- (48) Kommerell B. Die schaufelarbeit in gebückter Haltung. *Arbeitsphysiologie* 1929; 1:278-295.
- (49) Aschehoug og Gyldendals Store norske ettbinds leksiko. Oslo, Norge: Kunnskapsforlaget; 2006.
- (50) Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6(2):93-101.
- (51) Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Strømme SB. Textbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise. 4 ed. Human Kinetics; 2003.
- (52) Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14(5):377-381.
- (53) Gleser MA, Vogel JA. Endurance capacity for prolonged exercise on the bicycle ergometer. *J Appl Physiol* 1973; 34(4):438-442.
- (54) Åstrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand Suppl* 1960; 49(169):1-92.
- (55) Hughes AL, Goldman RF. Energy cost of "hard work". *J Appl Physiol* 1970; 29(5):570-572.
- (56) Koerhuis CL, Veenstra BJ, van Dijk JJ, Delleman NJ. Predicting marching capacity while carrying extremely heavy loads. *Mil Med* 2009; 174(12):1300-1307.
- (57) Beekley MD, Alt J, Buckley CM, Duffey M, Crowder TA. Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. *Mil Med* 2007; 172(6):592-595.
- (58) Christie CJ, Scott PA. Metabolic responses of South African soldiers during simulated marching with 16 combinations of speed and backpack load. *Mil Med* 2005; 170(7):619-622.
- (59) Koerhuis CL, Veenstra BJ, van Dijk JJ, Delleman NJ. Predicting marching capacity while carrying extremely heavy loads. *Mil Med* 2009; 174(12):1300-1307.
- (60) Bilzon JL, Allsopp AJ, Tipton MJ. Assessment of physical fitness for occupations encompassing load-carriage tasks. *Occup Med (Lond)* 2001; 51(5):357-361.
- (61) Hoyt RW, Jones TE, Stein TP, McAninch GW, Lieberman HR, Askew EW et al. Doubly labeled water measurement of human energy expenditure during strenuous exercise. *J Appl Physiol* 1991; 71(1):16-22.



- (62) Hoyt RW, Opstad PK, Haugen AH, DeLany JP, Cymerman A, Friedl KE. Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am J Clin Nutr* 2006; 83(5):1068-1075.
- (63) Castellani JW, Delany JP, O'Brien C, Hoyt RW, Santee WR, Young AJ. Energy expenditure in men and women during 54 h of exercise and caloric deprivation. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(5):894-900.
- (64) Tharion WJ, Lieberman HR, Montain SJ, Young AJ, Baker-Fulco CJ, DeLany JP et al. Energy requirements of military personnel. *Appetite* 2005; 44(1):47-65.
- (65) Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Mil Med* 2004; 169(1):45-56.
- (66) McCaig RH, Gooderson CY. Ergonomic and physiological aspects of military operations in a cold wet climate. *Ergonomics* 1986; 29(7):849-857.
- (67) Dean, C.E. The modern warrior's combat load - dismounted combat operations in Afghanistan. International Congress on Soldiers' Physical Performance; Jyväskylä, Finland: Finnish Defence Forces; 2005.
- (68) Knapik J. Loads carried by soldiers: historical, physiological, biomechanical and medical aspects. Technical report T19/89. 1989. Natick, Massachusetts, US Army Research Institute of Environmental Medicine.
- (69) Pandolf KB, Givoni B, Goldman RF. Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. *J Appl Physiol* 1977; 43(4):577-581.
- (70) Duggan A, Haisman MF. Prediction of the metabolic cost of walking with and without loads. *Ergonomics* 1992; 35(4):417-426.
- (71) Patton JF, Kaszuba J, Mello RP, Reynolds KL. Physiological responses to prolonged treadmill walking with external loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991; 63(2):89-93.
- (72) Epstein Y, Rosenblum J, Burstein R, Sawka MN. External load can alter the energy cost of prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988; 57(2):243-247.
- (73) Sagiv M, Ben-Sira D, Sagiv A, Werber G, Rotstein A. Left ventricular responses during prolonged treadmill walking with heavy load carriage. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26(3):285-288.
- (74) NATO. RSG 4 on physical fitness with special reference til military forces. 1986.
- (75) Myles WS, Eclache JP, Beaury J. Self-pacing during sustained, repetitive exercise. *Aviat Space Environ Med* 1979; 50(9):921-924.
- (76) Levine L, Evans WJ, Winsmann FR, Pandolf KB. Prolonged self-paced hard physical exercise comparing trained and untrained men. *Ergonomics* 1982; 25(5):393-400.

- (77) Evans WJ, Winsmann FR, Pandolf KB, Goldman RF. Self-paced hard work comparing men and women. *Ergonomics* 1980; 23(7):613-621.
- (78) Jorgensen K. Permissible loads based on energy expenditure measurements. *Ergonomics* 1985; 28(1):365-369.
- (79) Dyrstad SM, Miller BW, Hallen J. Physical fitness, training volume, and self-determined motivation in soldiers during a peacekeeping mission. *Mil Med* 2007; 172(2):121-127.
- (80) Haisman MF. Determinants of load carrying ability. *Appl Ergon* 1988; 19(2):111-121.
- (81) Borghols EA, Dresen MH, Hollander AP. Influence of heavy weight carrying on the cardiorespiratory system during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1978; 38(3):161-169.
- (82) Rayson M, Holliman D, Belyavin A. Development of physical selection procedures for the British Army. Phase 2: relationship between physical performance tests and criterion tasks. *Ergonomics* 2000; 43(1):73-105.
- (83) Legg SJ, Mahanty A. Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk. *Ergonomics* 1985; 28(12):1653-1660.
- (84) Myles WS, Eclache JP, Beaury J. Self-pacing during sustained, repetitive exercise. *Aviat Space Environ Med* 1979; 50(9):921-924.
- (85) Knapik J, Reynolds K, Staab J, Vogel JA, Jones B. Injuries associated with strenuous road marching. *Mil Med* 1992; 157(2):64-67.
- (86) Reynolds KL, White JS, Knapik JJ, Witt CE, Amoroso PJ. Injuries and risk factors in a 100-mile (161-km) infantry road march. *Prev Med* 1999; 28(2):167-173.
- (87) Giladi M, Milgrom C, Danon Y, Aharonson Z. The correlation between cumulative march training and stress fractures in soldiers. *Mil Med* 1985; 150(11):600-601.
- (88) Legg SJ, Mahanty A. Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk. *Ergonomics* 1985; 28(12):1653-1660.
- (89) Soule RG, Goldman RF. Energy cost of loads carried on the head, hands, or feet. *J Appl Physiol* 1969; 27(5):687-690.
- (90) Jones BH, Toner MM, Daniels WL, Knapik JJ. The energy cost and heart-rate response of trained and untrained subjects walking and running in shoes and boots. *Ergonomics* 1984; 27(8):895-902.
- (91) Dybel GJ, Seymour CJ. Identifying the physical demands of Army Reserve personnel during deployable medical systems training. *Mil Med* 1997; 162(8):537-542.
- (92) Garg A, Saxena U. Physiological stresses in warehouse operations with special reference to lifting technique and gender: a case study. *Am Ind Hyg Assoc J* 1985; 46(2):53-59.

- (93) Garg A, Saxena U. Effects of lifting frequency and technique on physical fatigue with special reference to psychophysical methodology and metabolic rate. *Am Ind Hyg Assoc J* 1979; 40(10):894-503.
- (94) Hagen KB, Harms-Ringdahl K, Hallen J. Influence of lifting technique on perceptual and cardiovascular responses to submaximal repetitive lifting. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 68(6):477-482.
- (95) Nindl BC, Sharp MA, Mello RP, Rice VJ, Murphy MM, Patton JF. Gender comparison of peak oxygen uptake: repetitive box lifting versus treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998; 77(1-2):112-117.
- (96) Gallagher S, Unger RL. Lifting in four restricted lifting conditions: psychophysical, physiological and biomechanical effects of lifting in stooped and kneeling postures. *Appl Ergon* 1990; 21(3):237-245.
- (97) Garg A, Chaffin DB, Herrin GD. Prediction of metabolic rates for manual materials handling jobs. *Am Ind Hyg Assoc J* 1978; 39(8):661-674.
- (98) Knapik JJ, Harper W, Crowell HP, Leiter K, Mull B. Standard and alternative methods of stretcher carriage: performance, human factors, and cardiorespiratory responses. *Ergonomics* 2000; 43(5):639-652.
- (99) Leyk D, Rohde U, Erley O, Gorges W, Essfeld D, Erren TC et al. Maximal manual stretcher carriage: performance and recovery of male and female ambulance workers. *Ergonomics* 2007; 50(5):752-762.
- (100) Leyk D, Rohde U, Erley O, Gorges W, Wunderlich M, Ruther T et al. Recovery of hand grip strength and hand steadiness after exhausting manual stretcher carriage. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96(5):593-599.
- (101) Rice VJ, Sharp MA. Prediction of performance on two stretcher-carry tasks. *Work* 1994; 4(3):201-210.
- (102) Knapik JJ, Harper W, Crowell HP. Physiological factors in stretcher carriage performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 79(5):409-413.
- (103) Leyk D, Rohde U, Erley O, Gorges W, Essfeld D, Erren TC et al. Maximal manual stretcher carriage: performance and recovery of male and female ambulance workers. *Ergonomics* 2007; 50(5):752-762.
- (104) Tharion WJ, Rice V, Sharp MA, Marlowe BE. The effects of litter carrying on rifle shooting. *Mil Med* 1993; 158(8):566-570.
- (105) Asfour SS, Tritar M, Genaidy AM. Endurance time and physiological responses to prolonged arm lifting. *Ergonomics* 1991; 34(3):335-342.
- (106) Jorgensen K, Poulsen E. Physiological problems in repetitive lifting with special reference to tolerance limits to the maximum lifting frequency. *Ergonomics* 1974; 17(1):31-39.

- (107) Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* 1999; 86(3):1032-1039.
- (108) Enander AE. Effects of thermal stress on human performance. *Scand J Work Environ Health* 1989; 15 Suppl 1:27-33.
- (109) Morrison S, Sleivert GG, Cheung SS. Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91(5-6):729-736.
- (110) Drust B, Rasmussen P, Mohr M, Nielsen B, Nybo L. Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance. *Acta Physiol Scand* 2005; 183(2):181-190.
- (111) Patton JF, Vogel JA. Effects of acute cold exposure on submaximal endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16(5):494-497.
- (112) Rodahl K, Horvath SM, Birkhead N, Issekutz B. Effect of dietary protein in physical work capacity during severe cold stress. *J Appl Physiol* 1962; 17:763-767.
- (113) Rissanen S, Rintamaki H. Cold and heat strain during cold-weather field training with nuclear, biological, and chemical protective clothing. *Mil Med* 2007; 172(2):128-132.
- (114) Truesdell AG, Wilson RL. Training for medical support of mountain operations. *Mil Med* 2006; 171(6):463-467.
- (115) Opstad PK. Menneskers reaksjoner på ekstrem belastning. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1997; 117(8):1066-1067.
- (116) Muza SR. Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(9):1625-1631.
- (117) McArdle W.D, Katch FD, Katch VL. Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance. 4 ed. Baltimore, USA: Williams & Wilkins; 1996.
- (118) Gore CJ, Little SC, Hahn AG, Scroop GC, Norton KI, Bourdon PC et al. Reduced performance of male and female athletes at 580 m altitude. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997; 75(2):136-143.
- (119) Orizio C, Esposito F, Veicsteinas A. Effect of acclimatization to high altitude (5,050 m) on motor unit activation pattern and muscle performance. *J Appl Physiol* 1994; 77(6):2840-2844.
- (120) Fulco CS, Rock PB, Cymerman A. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ Med* 1998; 69(8):793-801.
- (121) Brothers MD, Wilber RL, Byrnes WC. Physical fitness and hematological changes during acclimatization to moderate altitude: a retrospective study. *High Alt Med Biol* 2007; 8(3):213-224.

- (122) Brothers MD, Doan BK, Zupan MF, Wile AL, Wilber RL, Byrnes WC. Hematological and physiological adaptations following 46 weeks of moderate altitude residence. *High Alt Med Biol* 2010; 11(3):199-208.
- (123) Weeks SR, McAuliffe CL, Durussel D, Pasquina PF. Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: the military example. *PM R* 2010; 2(5):438-441.
- (124) Caldwell JA, Mallis MM, Caldwell JL, Paul MA, Miller JC, Neri DF. Fatigue countermeasures in aviation. *Aviat Space Environ Med* 2009; 80(1):29-59.
- (125) Nindl BC, Leone CD, Tharion WJ, Johnson RF, Castellani JW, Patton JF et al. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(11):1814-1822.
- (126) Nindl BC, Barnes BR, Alemany JA, Frykman PN, Shippee RL, Friedl KE. Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(8):1380-1387.
- (127) Rognum TO, Vartdal F, Rodahl K, Opstad PK, Knudsen-Baas O, Kindt E et al. Physical and mental performance of soldiers on high- and low-energy diets during prolonged heavy exercise combined with sleep deprivation. *Ergonomics* 1986; 29(7):859-867.
- (128) Guezennec CY, Satabin P, Legrand H, Bigard AX. Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 68(6):525-530.
- (129) Symons JD, VanHelder T, Myles WS. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20(4):374-380.
- (130) Montain SJ, Young AJ. Diet and physical performance. *Appetite* 2003; 40(3):255-267.









## ■ Norges idrettshøgskole/ Forsvarets institutt (NIH/F) ■

**Norges idrettshøgskole/Forsvarets institutt** har vært en underavdeling av Forsvarets høgskole (FHS) siden 2001, men ligger på Norges idrettshøgskole (NIH) hvor den har vært en integrert del siden skolens opprinnelse i 1968. Da Forsvarets institutt er situert ved en høgskole blir virksomheten utført i samsvar med vitenskapelige, pedagogiske og etniske prinsipper (i henhold til Lov om universiteter og høyskoler, § 1-5). Instituttets virksomhet er sentrert rundt de tre pilarene i trening, prestasjon og kultur i tilknytning til militære kontekster, der målet er å utvikle robuste soldater og militære enheter.

*Sjef NIH/F: Oberstløytnant Steinar Høgseth*

**Moving Soldiers – Soldaten i bevegelse** er en instituttserie som tar sikte på å fremme en arena for interdisiplinær tenkning og debatt som er av interesse for Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt. Målgruppen for serien er primært militære ledere og sivile forskere som er interessert i utviklingen av militære ferdigheter og soldatenes prestasjoner og deres enheter i en verden i stadig endring. Moving Soldiers vil publiseres tre til seks ganger i året. Serien er primært basert på norske bidrag, men vil bli publisert på engelsk når emnet er av interesse for et internasjonalt publikum. Serien er også åpen for bidrag fra forfattere uten tilknytning til Forsvarets institutt. Alle meninger som uttrykkes i serien er forfatterne sine egne, selv om innholdet ikke nødvendigvis samsvarer det synet Norge idrettshøgskole Forsvarets institutt innehar.

*Redaktør: Major Anders McDonald Sookermany*

Moving Soldiers – Soldaten i bevegelse er en instituttserie som tar sikte på å fremme en arena for interdisiplinær tenkning og debatt på relevante temaer relatert til utviklingen av soldater og deres militære avdelinger. Serien utgis av Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt

02  
2011

Denne utgaven av Moving Soldiers omhandler fysiske arbeidskrav for militært personell. Teksten er hentet fra Anders Aandstads besvarelse av 14 dagers fagoppgave ved PhD studiet ved Norges idrettshøgskole. Temaet «arbeidskrav for militært personell» er stort og denne utgaven gir leseren en viss grad av oppsummering av arbeidet som er gjort innen feltet.

